

【特許請求の範囲】

【請求項1】 光電変換を行う受光部と、該受光部の受光面を覆うことなく設けられた遮光膜とを備えた固体撮像素子において、

前記受光部の受光面を覆って平坦化透明層を設け、

該平坦化透明層の上面に、回折格子からなり、前記受光面上に集光するゾーンプレート状のレンズ部を設けたことを特徴とする固体撮像素子。

【請求項2】 前記レンズ部が、フルネル・ゾーンプレートによって構成されてなることを特徴とする請求項1記載の固体撮像素子。

【請求項3】 前記レンズ部が、フルネル・ゾーンプレートの半部一対と、該フルネル・ゾーンプレートを構成する各輪帯の幅に略一致する複数の幅のプレートを有した直線状のゾーンプレート群一対とからなり、前記フルネル・ゾーンプレートの半部一対が、互いにその円周側を外側に向け、かつ直線側を対向させた状態で前記直線状のゾーンプレート群の長さ上略一致する間隔をあけて配置され、

これらフルネル・ゾーンプレートの半部の間に前記ゾーンプレート群が、それぞれのプレートをその幅が略一致するフルネル・ゾーンプレートの半部の各輪帯に連続した状態で配置されてなることを特徴とする請求項1記載の固体撮像素子。

【請求項4】 光電変換を行う受光部と、該受光部の受光面を覆うことなく設けられた遮光膜とを備えた固体撮像素子の製造方法であって、

前記受光部の受光面および遮光膜を覆って、その表面が平坦な透明材料からなる第一の透明材料層を形成する工程と、

該透明材料層上に透明材料からなる第二の透明材料層を形成する工程と、

該第二の透明材料層をエッチングし、回折格子状のゾーンプレート上に集光するゾーンプレート状のレンズ部を形成する工程と、

を備えたことを特徴とする固体撮像素子の製造方法。

【請求項5】 光電変換を行う受光部と、該受光部の受光面を覆うことなく設けられた遮光膜とを備えた固体撮像素子の製造方法であって、

前記受光部の受光面および遮光膜を覆って、その表面が平坦な透明材料からなる透明材料層を形成する工程と、該透明材料層上にレジスト層を形成するとともに、該レジスト層をパターンニングし、回折格子状のゾーンプレート上に集光するゾーンプレート状のパターンを形成する工程と、

前記レジスト層からなるパターンをマスクとして前記透明材料層をエッチングし、該透明材料層の表面部にゾーンプレート状のレンズ部を形成する工程と、

を備えたことを特徴とする固体撮像素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、電荷結合素子（CCD）等を用いてなる固体撮像素子とその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来、この種の固体撮像素子では、転送レジスタなど光電変換に等与しない領域が画素素子存在しているため、画素面全体に占める受光部の受光面の開口率が通常50%以下となり、入射光の利用率が十分でないといった不満がある。このような不満を解消し、その感度向上を達成するため、例えば画素面全体に占める受光面の割合を高くすることとされている。また、受光面の割合を高くすることは構造的に限界があることから、近年では、受光面の上に凸型のマイクロレンズを設け、入射した光を受光面に集中させて効率な集光をなし、実効的な開口率を高めてその感度向上を図った。いわゆるオンチップマイクロレンズを有した固体撮像素子が提供されている。

【0003】

図5はこのような凸型マイクロレンズを用いた従来の固体撮像素子の一例を示す要部断面図である。図5において符号1は固体撮像素子、2はシリコンウエハ等からなる半導体基板である。半導体基板2には、その表面部に光電変換を行う受光部3と、図示しない転送レジスタおよびチャネルストップとが形成されており、さらにその表面には前記転送レジスタを駆動させる転送電極4が形成されている。また、半導体基板2および前記転送電極4の上には、これらを覆って薄い絶縁膜5が形成されており、さらに絶縁膜5の上には、転送電極4と転送レジスタへの光の入射を防ぐため該転送電極4を覆って遮光膜6が形成されている。ここで、絶縁膜4上に形成された遮光膜6は、前記受光部3の受光面3aを覆うことなく形成されたものとなっている。

【0004】

また、遮光膜6の上にはこれを保護するための保護膜7が形成され、さらにこの保護膜7の上には、透明樹脂等からなり、その上面が平坦化されている平坦化透明層8が形成されている。また、これら各構成要素からなる単位画素の上には、上方に向かって凸となる凸レンズ9が、前記受光部3の受光面3aをその焦点とするように形成配置されている。そして、このような構成により固体撮像素子1は、図5中矢印で示すように光が入射すると、凸レンズの集光効果によって入射光を受光面3aに集め、これによりその実効開口率を高めたものとなっている。

【0005】

また、このような構成の固体撮像素子1を形成するには、まず、図6(a)に示すように半導体基板2に受光部3、転送レジスタ、チャネルストップ等の各構成要素を形成し、さらにその上に絶縁膜4、転送電極5、遮光膜6、保護膜7を形成しておく。次に、保護膜7上に透明樹脂等の透明材料を塗布し、さらにその表面を平坦化して図6(b)に示すように平坦化透明層8

3

を形成する。続いて、図6(c)に示すようにこの平坦化透明層8の上に感光性樹脂層10を形成する。

【0006】次いで、形成した感光性樹脂層10を公知の露光・現像技術によってパターンニングし、図6(d)に示すように前記受光面3aの直上位置に島状の感光性樹脂パターン10a...を形成する。そして、得られた感光性樹脂パターン10a...を所定時間加熱してリフロー処理し、該感光性樹脂パターン10a...を軟化・溶融させる。このようにして加熱処理を行うと、感光性樹脂パターン10a...は、その表面張力によって周縁側で低く、該周縁から離れた位置、すなわち中央部側で高くなり、結果として上に凸となるよう半球形状に湾曲し、これにより図5に示した凸レンズ9が得られ、固体撮像素子1が形成される。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】ところで、このようにして形成される固体撮像素子1において、その凸レンズ9の焦点距離は、用いられる感光性樹脂の屈折率や凸レンズ9自体の曲率で決まる。そして、凸レンズ9自体の曲率は、感光性樹脂の膜厚やリフロー処理条件、すなわちその加熱温度や加熱時間によって決める。しかしながら、このような凸レンズ9の形成方法では、凸レンズ9を理想的な曲率でしかも安定して形成するのは、前述したようにこの曲率を決定する因子が多数あることから極めて困難であり、したがって十分な感度向上をなし得る、最適な凸レンズ形状を安定して得ることができないのが現状である。

【0008】また、受光面3aの形状が長方形の場合には、その縦方向と横方向、すなわち固体撮像素子1における垂直方向(V方向)と水平方向(H方向)とで凸レンズ9の焦点距離が異なってしまうことから、やはりこの場合にはも従来の凸レンズ9を設けた構造では十分な感度向上を図ることができなかった。本発明は前記事情に鑑みてなされたもので、その目的とするところは、感度向上を図るうえで理想的なレンズ構造を有し、しかもこれを安定して形成することのできる固体撮像素子とその製造方法を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明の固体撮像素子では、受光部の受光面を覆って平坦化透明層を設け、該平坦化透明層の上面に、回折格子状となり、前記受光面に集光するゾーンプレート状のレンズ部を設けたことを前記課題の解決手段とした。本発明における請求項4記載の固体撮像素子の製造方法は、受光部の受光面および遮光膜を覆って、その表面が平坦な透明材料からなる第一の透明材料層を形成する工程と、該透明材料層上に透明材料からなる第二の透明材料層を形成する工程と、該第二の透明材料層をエッチングし、回折格子状かつ前記受光面に集光するゾーンプレート状のレンズ部を形成する工程とを備えたことを前記課題の解決手段とし

4

た。請求項5記載の固体撮像素子の製造方法では、受光部の受光面および遮光膜を覆って、その表面が平坦な透明材料からなる透明材料層を形成する工程と、該透明材料層上にレジスト層を形成するとともに、該レジスト層をパターンニングし、回折格子状かつ前記受光面に集光するゾーンプレート状のパターンを形成する工程と、前記レジスト層からなるパターンをマスクとして前記透明材料層をエッチングし、該透明材料層の表層部にゾーンプレート状のレンズ部を形成する工程とを備えたことを前記課題の解決手段とした。

【0010】

【作用】本発明の固体撮像素子によれば、受光部の受光面を覆って平坦化透明層を設け、該平坦化透明層の上面に、回折格子状となり、前記受光面に集光するゾーンプレート状のレンズ部を設けたことから、該レンズ部によって入射光が受光面に集められ、これによりその感度が向上する。

【0011】また、本発明における請求項4記載の固体撮像素子の製造方法によれば、表面が平坦な第一の透明材料層の上に第二の透明材料層を形成するとともに、該第二の透明材料層をエッチングし、回折格子状かつ前記受光面に集光するゾーンプレート状のレンズ部を形成するの、従来のごとくレンズ部の形成にリフロー処理を用いることなく、精緻な加工が可能なエッチング技術によってレンズ部が形成される。さらに、本発明における請求項5記載の固体撮像素子の製造方法によれば、表面が平坦な透明材料層の上にレジスト層を形成するとともに、該レジスト層をパターンニングし、回折格子状かつ前記受光面に集光するゾーンプレート状のパターンを形成し、その後このパターンをマスクとしてエッチングし、該透明材料層の表層部にゾーンプレート状のレンズ部を形成するの、請求項4記載の製造方法と同様に、レンズ部の形成にリフロー処理を用いることなく、精緻な加工が可能なエッチング技術によってレンズ部が形成される。

【0012】

【実施例】以下、本発明を実施例により詳しく説明する。図1は本発明の固体撮像素子の一実施例を示す図であり、図1中符号11は固体撮像素子である。この固体撮像素子11が図5に示した固体撮像素子1と異なるところは、平坦化透明層8の上に形成されたマイクロレンズの構造にある。すなわち、図1に示した固体撮像素子11では、受光部3の受光面3aを覆って設けられた絶縁膜5、保護膜7の上に平坦化透明層8が形成され、該平坦化透明層8の上にはレンズ部12が形成されている。ここで、前記受光面3aは図2に示すように平面略正方形形状に形成されたものとなっている。また、平坦化透明層8は、ポリスチレン樹脂やアクリル樹脂等の透明樹脂からなるものである。

【0013】レンズ部12は、回折格子状なり、前記

5

受光面3a上に集光するゾーンプレート状のもので、本実施例ではフルネル・ゾーンプレートによって構成されたものとなっている。このフルネル・ゾーンプレートからなるレンズ部12は、フォトレジスト等の透明樹脂からなるもので、図2に示すような平面視形状を有するものである。すなわち、このレンズ部12は、円環状の輪部12aを同心円状に複数配置し、輪部12aとこれら輪部12a、12a間に形成される空気層13との屈折率の差により、輪部12aからの光が一点に集まるようにしたもので、周辺にいくにしたがって幅が狭くなる輪部12aの一つおきに、光の透過率または位相が

【0014】ここで、中央の輪部12aから外側に向けてm番目の輪部12aの外周円の半径r、は、

$$r_m = (m \lambda f)^{1/2}$$

で表される。(ただし、fは焦点距離、λは波長を表す。)

したがって、焦点距離、すなわち固体撮像素子のセンサ面から、レンズ部12が形成される平坦化透明層8までの距離を6μm、光の波長を500nmとすると、各輪部12aの外側の半径r、は、

$$m=1 \text{ のとき、 } r_1 = 1.73 \mu\text{m}$$

$$m=2 \text{ のとき、 } r_2 = 2.45 \mu\text{m}$$

$$m=3 \text{ のとき、 } r_3 = 3.00 \mu\text{m}$$

$$m=4 \text{ のとき、 } r_4 = 3.46 \mu\text{m}$$

$$m=5 \text{ のとき、 } r_5 = 3.87 \mu\text{m}$$

$$m=6 \text{ のとき、 } r_6 = 4.24 \mu\text{m}$$

となる。また、これら各輪部12aの高さ(厚さ)については、0.1〜0.5μm程度とされる。そして、このような構成のフルネル・ゾーンプレートからなるレンズ部12は、その焦点が図2に示すように前記受光面3a上に位置し、かつその焦点パターンが点状となっている。

【0015】次に、このような構成の固体撮像素子11の製造方法に基づき、本発明における請求項4記載の製造方法の一実施例を説明する。まず、図3(a)に示すように、半導体基板2に受光部3、転送レジスタ(図示略)、チャネルストップ(図示略)等の各構成要素を、フォトレジスト、イオン打ち込み等の技術によって従来と同様に形成し、さらにその上に転送電極4、絶縁膜5、遮光膜6、保護膜7を、フォトレジスト、イオン打ち込み、熱酸化、デポジションといった技術によってやはり従来と同様に形成しておく。次に、保護膜7を覆って透明材料、例えばポリシリコン樹脂やアクリル樹脂等の透明樹脂を塗着し、図3(b)に示すように平坦化透明層(第一の透明材料層)8を形成する。なお、この平坦化透明層8の形成にあたっては、従来公知の方法によってその上面を平坦化しておく。

【0016】次いで、この平坦化透明層8の上に、図3(c)に示すように感光性透明樹脂からなる感光性透明

6

樹脂層(第二の透明材料層)14をスピンコート法などによって平坦に形成する。その後、予め用意したマスクパターン、すなわち前記のフルネル・ゾーンプレート状の透光部を有したマスクパターンを感光性樹脂層14上にセットし、公知の露光処理、現像処理(ウェットエッチング処理)を行うことにより、図1、図2に示したようなレンズ部12を形成し、これにより固体撮像素子1を得る。

【0017】このような製造方法にあつては、レンズ部12の形成、感光性透明樹脂層(第二の透明材料層)14の露光・現像処理によって行つたため、感光性透明樹脂層14の露光処理に用いるマスクパターンを、予め形成するレンズ部12の形状に合わせ、かつこの形状を、形成するレンズ部12の焦点が受光面3a上に位置するようにしておくだけで、理想的な焦点位置を有するレンズ部12を容易に形成することができる。したがって、このようにして得られた固体撮像素子11にあつては、焦点が受光面3a上に位置する理想的なレンズ部12を有していることから、該レンズ部12によって入射光が効率良く受光面3a上に集められ、これによりその感度が向上したものとなる。

【0018】なお、前記製造方法の実施例では、感光性透明樹脂層14を露光・現像処理して該感光性透明樹脂層からなるレンズ部12を形成したが、本発明はこれに限定されることなく、例えば、平坦化透明層8と感光性透明樹脂層14とを透明材料層とし、この透明材料層のうちその役割部となる感光性透明樹脂層14をドライエッチング処理し、該感光性透明樹脂層14からなるレンズ部を形成するようにしてもよい。

【0019】すなわち、このドライエッチング法では、感光性透明樹脂層(透明材料層)14上にレジスト層(図示略)を形成し、次に、このレジスト層を、前記のマスクパターンを用いて露光し、さらに露光後のレジスト層を現像する。すると、現像後のレジスト層は、フルネル・ゾーンプレート状のレジストパターンとなる。そして、このレジストパターンをマスクとして感光性透明樹脂層14をドライエッチングし、該感光性透明樹脂層14からなるレンズ部を得る。

【0020】このような方法にあつても、図1、図2に示したレンズ部12と同様なレンズ部を形成することができ、したがって理想的な焦点位置を有するレンズ部を容易に形成することができる。また、この例においては、透明材料層を平坦化透明層8と感光性透明樹脂層14とから構成し、その表面部となる感光性透明樹脂層14からレンズ部を形成したが、透明材料層を二層で構成することなく、平坦化透明層8あるいは感光性透明樹脂層14からなる一層で構成し、レジストを用いたドライエッチング法によってその表面部にレンズ部を形成するようにしてもよい。

【0021】なお、前記実施例では、図2に示したよう

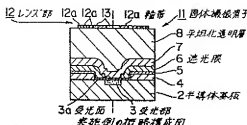
に受光部3の受光面3aが略正方形であることから、レンズ部12の形状を、円環状の輪帯12a…を同心状に配置してなるフルネル・ゾーンプレート状のものとし、該レンズ部12の焦点パターンPを点状としたが、例えば図4に示すように受光部3の受光面3aが略長方形の場合には、レンズ部の集光パターンPは点状でなく線状であるほうが、集光効率のうえで好ましい。

【0022】したがって、このように受光面3aが略長方形形状の場合には、レンズ部として、図4に示したような形状のものとすることが好ましい。図4に示したレンズ部15は、図2に示したフルネル・ゾーンプレートの半部15a（図4参照）が一對で、該フルネル・ゾーンプレートを構成する各輪帯12a…の幅に略一致する複数の幅のプレートに有した直線状のゾーンプレート群15b（図4参照）が一對から構成されたものである。そして、フルネル・ゾーンプレートの半部15a一對が、互いにその円周側を外側に向け、かつ直線側を対向させた状態で、前記直線状のゾーンプレート群15bの長さに略一致する間隔をあけて配置され、これらフルネル・ゾーンプレートの半部15a、15aの間に前記ゾーンプレート群15b、15bが、それぞれのプレートとその幅が略一致するフルネル・ゾーンプレートの半部15aの各輪帯に連続した状態で配置されて構成されたものである。

【0023】このようなレンズ部15を有した固体撮像素子においては、従来のようにリフロー処理を用いてレンズ部を形成した場合に、受光面3aの縦方向と横方向、すなわち固体撮像素子における垂直方向（V方向）と水平方向（H方向）とでレンズ部の焦点距離が異なってしまうのに対し、その垂直方向（V方向）での焦点と水平方向（H方向）での焦点とを同一面上、すなわち受光面3aにすることができ、これによりその感度を一層向上させることができる。また、受光面の形状が、正方形や長方形でなく、例えば円弧状に湾曲した形状である場合にも、この形状に合わせて前記フルネル・ゾーンプレートの一部などからなるレンズ部を形成することにより、受光面形状に合う最適な焦点パターンを有する固体撮像素子を得ることができる。

【0024】

【図1】



【発明の効果】以上説明したように本発明の固体撮像素子は、回折格子からなり、受光面上に集光するゾーンプレート状のレンズ部を有したものであるから、該レンズ部によって入射光が受光面上に効率良く集められ、これによりその感度が十分向上したものとなる。また、本発明における固体撮像素子の製造方法によれば、従来のごとくレンズ部の形成にリフロー処理を用いることなく、精緻な加工が可能なエッチング技術によってレンズ部を形成するので、理想的な焦点パターンを有するレンズ部を安定して形成することができ、これにより感度が十分に向上した固体撮像素子を容易にかつ安定して製造することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の固体撮像素子の一実施例の概略構成を示す側断面図である。

【図2】レンズ部の平面視形状と受光面の平面視形状とを説明するための模式図である。

【図3】(a)～(c)は本発明の固体撮像素子の製造方法を工程順に説明するための要部側断面図である。

【図4】図1に示した固体撮像素子の变形例を示す図であり、そのレンズ部の平面視形状と受光面の平面視形状とを説明するための模式図である。

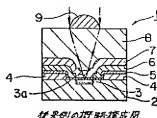
【図5】従来の固体撮像素子の概略構成を示す側断面図である。

【図6】(a)～(d)は従来の固体撮像素子の製造方法を工程順に説明するための要部側断面図である。

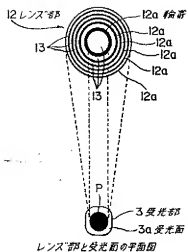
【符号の説明】

- 3 受光部
- 3a 受光面
- 6 遮光膜
- 8 平坦化透明層（第一の透明材料層）
- 11 固体撮像素子
- 12、15 レンズ部
- 12a 輪帯
- 14 感光性透明樹脂層（第二の透明材料層）
- 15a フルネル・ゾーンプレートの半部
- 15b ゾーンプレート群
- P 焦点パターン

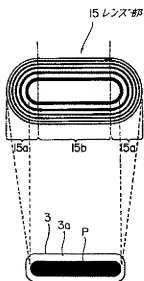
【図5】



【図2】

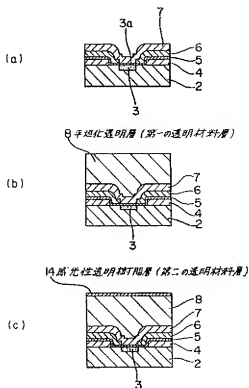


【図4】



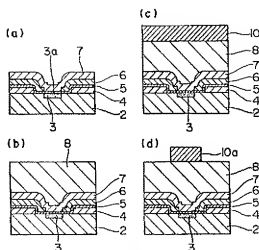
レンズ部と受光面の平面図

【図3】



実施例の製造工程図

【図6】



従来の製造工程図